VARIAÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA MÁXIMA DO AR EM MICRO-BACIA HIDROGRÁFICA

Daniele de Oliveira COELHO [1]
Carolina Born TOFFOLI [2]
Emerson GALVANI [3]

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo descrever a pesquisa em Microclimatologia, realizada no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no município de Cunha – SP, no qual foram coletados dados que serviram de base de dados para estudos da temperatura máxima do ar e a espacialização de fenômenos correlativos na área da Bacia "B" do parque em questão. Avaliou-se a variação da temperatura do ar na bacia estudada e sua respectiva representação espacial relacionando às características físicas da bacia "B".

A partir da instalação de postos de coletas com sensores eletrônicos de temperatura e umidade relativa do ar, dispostos ao longo da bacia e posicionados em pontos estratégicos (três no fundo de vale, quatro nas vertentes e dois nos divisores da bacia), foi composta a base de dados necessária para as principais análises juntamente com o trabalho de campo.

O período de coleta de dados foi entre 07 de outubro a 03 de novembro de 2004. Após a retirada do postos de coleta e do tratamento dos dados brutos, foi possível interpretar tais dados e traçar suas correlações entre a temperatura máxima e as demais características geográficas e microclimáticas da bacia, como vegetação, relevo, precipitação e regime hídrico, estabelecendo as principais análises entre esses elementos.

Notou-se que, para a maioria dos postos, a cobertura vegetal foi, dos controladores naturais, aquele que mais resultou em mudanças nos valores de temperaturas máximas médias e absolutas, fenômeno ratificado pela escala microclimática de análise. Isto demonstra o quanto o grau de entrada e saída de energia abaixo da cobertura vegetal na bacia determina as condições microclimáticas do local, contando ainda com outros elementos de análise como altitude e umidade relativa do ar.

Os resultados demonstram ainda que podem ser feitas análises e interpretações pontuais acerca da temperatura do ar para alguns postos específicos, que apresentaram variações climáticas de elevada amplitude térmica ou variações de temperatura ao longo do dia que interferem nos resultados gerais da pesquisa e alteram significativamente nas conclusões daquela área.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade apresentar os resultados obtidos com o trabalho desenvolvido na Bacia Hidrográfica B do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, localizado no município de Cunha, São Paulo.

Este trabalho se baseou no levantamento, interpretação e análise de dados de temperatura e umidade do ar da bacia em questão, em campo e em gabinete, visando atingir um objetivo

[1] Universidade de São Paulo, graduanda, naicoelho@yahoo.com.br
[2] Universidade de São Paulo, graduanda, carolborn@ig.com.br
[3] Universidade de São Paulo, Professor Doutor, egalvani@usp.br

específico, qual seja a análise do comportamento das temperaturas máximas do ar no período estudado em relação às características físicas da Bacia B.

Dessa maneira, será possível compreender de que modo se estabelece a inter-relação entre os valores de temperatura e umidade relativa do ar na Bacia B e alguns fatores do meio físico, como altitude, declividade, formas de relevo, orientação de vertentes e vegetação.

O núcleo Cunha Está localizado entre as coordenadas geográficas 23º13'10" a 23º17'28" de latitude sul e 44º59'30" a 45º02'40" de longitude oeste, no Planalto Atlântico, sendo drenado pelo rio Paraibuna, em um vale encaixado, com algumas cachoeiras. As altitudes variam entre 1000m e 1228m. A região apresenta vegetação de mata Atlântica (Floresta Latifoliada Perenifólia) e, segundo AB'SÁBER(2003), está localizado na região da Escarpa da Serra do Mar, onde pequenos vales de elevada declividade descem do alto da serra.

O núcleo Cunha foi criado com o objetivo de se instalar infra-estrutura e dotar de equipamentos micro-bacias hidrográficas experimentais e desenvolver pesquisas sobre o ciclo hidrológico em micro-bacias com floresta natural secundária dentro de um projeto de pesquisa de manejo de micro-bacias hidrográficas, realizado pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, em cooperação técnica do Governo do Japão. Dentro da infra-estrutura disponível pode-se citar equipamentos básicos (linígrafos, pluviógrafos, estação meteorológica, computador, etc), alojamento e técnicos que cuidam da manutenção dos dados e equipamentos (Sr. João).

Dentro do núcleo existem três micro-bacias hidrográficas com constante monitoramento (bacias A, B e D). O presente artigo refere-se a estudos feitos na micro-bacia B, monitorada desde 1987. A bacia B possui 36,68 ha de área preservada e sem ocupação humana. Segundo a hierarquia de Strahler (1984) a bacia B do Núcleo Cunha é uma bacia de drenagem de primeira ordem, e o canal principal foi batizado de Córrego Climatologia, no dia 06 de outubro de 2004 pelo Prof. Dr. Emerson Galvani. O nível de base local da bacia B é o rio Paraibuna, cuja altitude é aproximadamente 1023m. A barragem, que é o verdadeiro nível de base local, está a 1025m.

A região apresenta vegetação de mata Atlântica (Floresta Latifoliada Perenifólia). Após a criação do Parque, em 1974, a mata que havia sido devastada para criação de pastagens vem se regenerando natural e lentamente. A floresta cobre atualmente toda a área e apresenta diferentes graus de desenvolvimento da vegetação de acordo com os tipos de sítios (fundos de vale, vertentes ou topos). Contudo, há uma pequena área à esquerda do rio Paraibuna, de aproximadamente 1 km de extensão ao longo do curso d'água principal, a partir da sede do núcleo, que foi reflorestado com araucárias, espécie exótica, em um projeto no início dos trabalhos no parque.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Para que sejam alcançados os objetivos, faz-se necessária uma caracterização da bacia B, com um detalhamento dos locais onde foram instalados os postos de coletas de dados de temperatura e umidade do ar.

Na bacia em questão, a vertente direita inicia-se abruptamente próxima à barragem; no caso da vertente esquerda as altitudes elevam-se mais gradativamente. De uma maneira geral, as vertentes da margem esquerda são mais longas e menos íngremes que as da margem direita. Os topos de interflúvios da bacia B oscilam entre 1142 e 1172 metros.

Segundo ARMANI (2004), na maior parte da bacia B predominam declividades altas, entre 12º e 45º. Há uma área de declividades mais baixas, associadas à planície de inundação, ao longo do curso d'água à montante. Nesse trecho, as baixas declividades dificultam o escoamento das águas fluviais e pluviais, mantendo o solo da área encharcado. Na margem direita, as declividades oscilam entre 20º e 45º, e entre 7º e 20º na margem esquerda.

A orientação do córrego da bacia B é de sentido sudeste/noroeste. Nas vertentes da margem direita predomina a exposição oeste seguida pela sudoeste. Próximo aos topos isolados há uma diversificação das orientações, havendo também face norte e noroeste. Na margem esquerda, as vertentes orientam-se predominantemente para nordeste, seguida de norte.

Ao longo do rio, da soleira à montante, não há orientação devido ao terreno ser bastante plano, assim como nos topos dos morros.

Nos topos isolados, a vegetação é de altura média, com dossel fechado. Próximo ao curso d'água, a vegetação é de porte mais baixo, que também aparece nas proximidades da foz.

Nas vertentes mais sombreadas (sul, sudeste e sudoeste), que estão principalmente à direita do córrego da bacia B, predomina vegetação de árvores altas, com copas relativamente espaçadas e pouco densas.

As vertentes da bacia B são predominantemente retilíneas, sendo convexas próximo à foz. Perto das nascentes há um anfiteatro; nesse local a vertente é côncava e à esquerda desse anfiteatro há uma convexa.

Os topos são aplainados e separados por colos. Quando a declividade das vertentes se acentua há uma ruptura côncava, também existente no médio curso do córrego, à direita.

Caracterização dos postos de coleta

Os postos de coleta foram instalados no dia 06 de outubro de 2004, em pontos pré-estabelecidos ao longo da bacia B, segundo estudos anteriores do Prof. Dr. Emerson Galvani e do Ms. Gustavo Armani. Os locais escolhidos para a instalação dos postos estão distribuídos em pontos que representam as principais características da bacia B e que possibilitam a verificação de dados climatológicos significativos da área estudada. Os dados do GPS estão no datum Córrego Alegre.

Distribuição e descrição dos postos de coleta

Os postos de coleta foram divididos em 9 micro-estações meteorológicas assim distribuídas: 3 ao longo do curso d'água (um próximo à foz, um no meio do curso e um na nascente), pois as características de relevo, altitude e vegetação são diferentes; 3 ao longo das vertentes à direita do curso d'água; e 3 ao longo das vertentes à esquerda do curso. A descrição de suas características físicas foi baseada em trabalho de campo e complementada com o trabalho de ARMANI (2004).

Posto 1 (P1)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1050	7.428.351	496.624	S 23º15'18"	W 45º01'58"	Esquerda

A orientação do posto 1 é de fundo de vale, com declividade de aproximadamente 10º, com vertente nordeste. A margem direita possui orientação oeste e declividade superior a 20º. A mata é semifechada, com árvores em torno de 7 metros. O estrato herbáceo é denso, com presença de serrapilheira, bambus, bromélias e liquens (nos troncos).

Posto 2 (P2)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1060	7.428.093	496.784	S 23º15'24"	W 45º01'52"	Esquerda

Situado em fundo de vale, o posto 2, possui elevação de 10 metros em relação ao posto 1, perfazendo um degrau, uma espécie de soleira, constituindo-se em uma ruptura geológica. O relevo do local é plano (sem declividade) e o solo é alagadiço, permanentemente úmido.

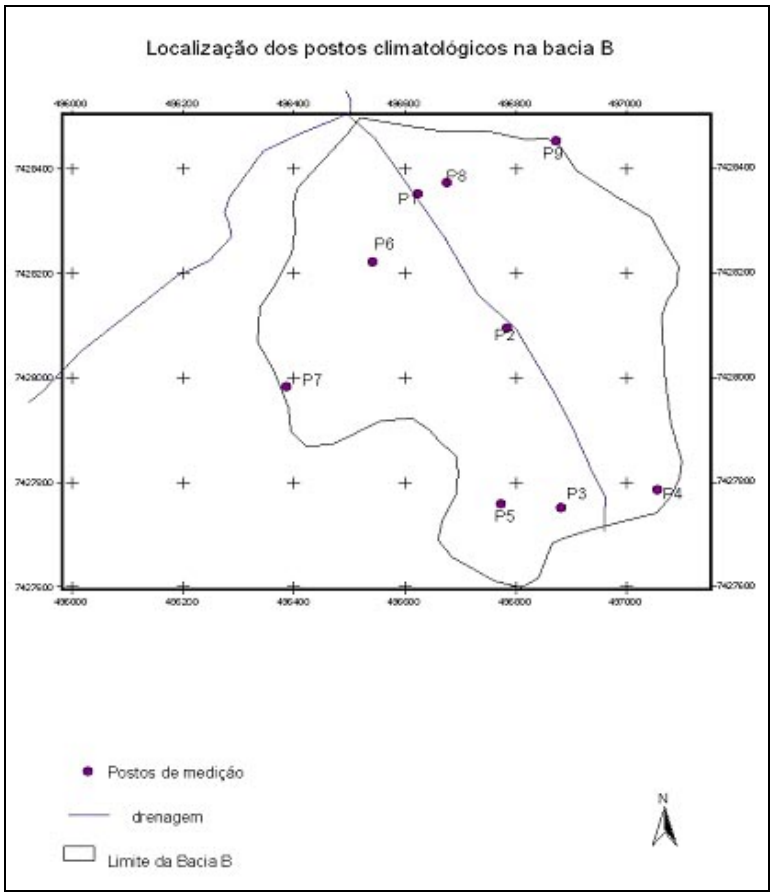

Figura 1: Localização dos Postos de Coleta Climatológicos

Posto 3 (P3)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1070	7.427.751	496.882	S 23º15'32"	W 45º01'47"	nascente

O posto 3 está localizado próximo à nascente do córrego da bacia B, em terreno plano, com continuação da planície. A variação de altitudes demonstra a declividade do canal principal. É uma região de fundo de vale e onde ocorre a maior luminosidade (86% de obstrução pelo dossel).

As árvores possuem 10 metros de altura em geral e o estrato inferior é denso. Há uma clareira, ventilada e com umidade menos acentuada.

Posto 4 (P4)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1100	7.427.784	497.056	S 23º15'31"	W 45º01'41"	direita

O posto 4 apresenta orientação SW e declividade acentuada, de 32º. A vertente sudoeste é retilínea e está próxima ao topo do vale.

As copas das árvores são dispersas, permitindo a chegada de radiação solar ao solo. Ocorrem árvores de pequeno porte, cipós e taquaras (bambus). A obstrução de luminosidade pelo dossel é de 70%.

Posto 5 (P5)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1110	7.427.758	496.773	S 23º15'33"	W 45º01'51"	esquerda

Este ponto está localizado com orientação nordeste (NE) da vertente e com declividade de 23º.

Neste local predomina a vegetação de taquaras e árvores de grande porte. O solo é mais seco, com presença de serrapilheira. A obstrução à radiação solar conferida pelo dossel é de 89%.

Posto 6 (P6)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1080	7.428.220	496.542	S 23º15'20"	W 45º02'01"	esquerda

Esse posto está localizado num divisor de águas secundário, na vertente com orientação nordeste (NE), com 19º de declividade.

A vegetação é predominantemente composta por taquaras e há serrapilheira no solo. As árvores são de pequeno porte e poucas emergentes, com cerca de 15 metros. O dossel é fechado (95%).

Posto 7 (P7)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1160	7.427.981	496.387	S 23º15'27"	W 45º02'07"	esquerda

O relevo neste ponto é bastante plano, com declividade acerca de 10% e encontra em vertente de orientação nordeste. O local é topo do vale.

A vegetação é constituída por árvores de médio porte, de 7 a 8 metros, e grandes, de 15 a 20 metros. O dossel é muito fechado (95%)

Posto 8 (P8)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1080	7.428.373	496.676	S 23º15'17"	W 45º01'57"	direita

Este posto se encontra em uma vertente de orientação sudoeste (SW) com declividade de 23º.

O estrato herbáceo é relativamente fechado. As árvores são de médio porte, com até 8 metros de altura; o dossel é fechado (92%), entretanto, é aberto no entorno.

Posto 9 (P9)

Altitude	Latitude GPS	Longitude GPS	Latitude º	Longitude º	Margem do canal
1160	7.428.452	496.873	S 23º15'15"	W 45º01'48"	direita

Com relevo plano, este posto se localiza no divisor de águas no topo do vale, com declividade 0, ou nula. Ao norte tem-se a vertente que drena para o rio Paraibuna; a oeste a vertente direita do córrego da bacia B; a leste a vertente direita de um afluente do rio Bonito; e a sudeste segue fragmentado por colos de cerca de 1120 metros de altitude.

As árvores possuem aproximadamente 10 metros de altura, havendo algumas com 15 metros; também ocorrem cipós e bromélias. O dossel é fechado em cerca de 87%. O estrato herbáceo apresenta serrapilheira.

Os instrumentos utilizados para o trabalho de campo e coleta de dados estão relatados a seguir:

- *Estação meteorológica*: composta de dois sensores micro-registradores digitais do tipo *Data Logger*, sendo um para medição de temperatura do ar e outro para a umidade relativa do ar, que ficavam dentro do abrigo. Os *Data Loggers* são compostos por uma unidade de registro que fica dentro de uma caixa plástica de 4,5 x 4,5 x 1,5 cm, com duas entradas para conexão de um cabo serial, que possibilita conectá-los em um microcomputador, usando o programa BoxCar Pro. O sensor de temperatura possui um cabo termopar para captura dos dados e o sensor de umidade é feito de película de polímero semicondutor higrófilo acoplado.

- *Abrigo*: a escolha do abrigo foi para os de pequeno porte e de baixo custo, brancos e com passagens de ar, o que permite ventilação passiva. A cor branca do abrigo impede que haja uma superestimação da temperatura do ar no sensor, posto que esta reflete toda energia recebida.

- *GPS*: *Global Positioning System*. Equipamento digital para coleta de informações (orientação,altitude, latitude, longitude, *waypoints*, rotas) sobre a posição de um ponto sobre a superfície da Terra.

- *Bússola*: mecanismo imantado para orientação sobre a superfície da Terra, que indica o Norte. No caso específico deste campo, uso-se também a "bússola de geólogo", que indica o Sul, ou norte magnético da Terra.

- *Altímetro*: equipamento que indica com precisão a altitude de um ponto.

- *Máquina Fotográfica Digital*: para registrar os postos de coleta e outras informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa. No caso, uma Kodak EasyShare CX4230, de 2.0 megapixels.

Para a coleta de dados de temperatura e umidade do ar na bacia hidrográfica em estudo foram realizados dois trabalhos de campo, de 5 a 7 de outubro de 2004 e de 3 a 5 de novembro de 2004.

No primeiro trabalho de campo foram instalados aparelhos de medição de umidade e temperatura do ar – *Data Loggers* – nos 9 postos previamente estabelecidos na bacia. A instalação se deu a aproximadamente 1 metro da superfície, evitando a aproximação de animais e a absorção de calor irradiado pela superfície, e sob abrigos, protegendo os sensores da incidência direta de energia luminosa e da chuva. Antes de serem instalados, os sensores foram submetidos a um período de calibragem. Das 22:00 h do dia 05/10/2004 às 08:00 h do dia 06/10 todos os aparelhos (dezoito, sendo 9 para medição de temperatura do ar e 9 de para medição de umidade do ar) foram colocados em um mesmo ambiente (na varanda do núcleo) para que neste intervalo de tempo registrassem, teoricamente, as mesmas informações de temperatura e umidade relativa (UR).

Estes aparelhos estiveram em funcionamento durante todo o período entre os dias 05/10/2004 e 03/11/2004, registrando informações de hora em hora, Até sua retirada, no segundo trabalho de campo.

Os dados coletados pelos aparelhos foram descarregados em microcomputador, por meio do software de interface BoxCar Pro, e posteriormente transferidos para uma planilha no Microsoft Excel. Neste momento iniciou-se um tratamento dos dados medidos pelos *Data Loggers*, de modo a possibilitar as interpretações e posteriores análises do comportamento da umidade e temperatura do ar na micro-bacia hidrográfica em questão.

Primeiramente, se separou em outra planilha os dados referentes ao período de calibragem, de modo a verificar a confiabilidade dos sensores. Sabendo que a margem de erro dos sensores dos *Data Loggers* é, no caso das temperaturas, de 0,25 ºC para mais ou para menos, era esperado que os dados coletados no período de calibração, em que os sensores estiveram expostos às mesmas condições (na varanda do núcleo) todos registrassem as mesmas temperaturas, com uma variação dentro da margem de erro dos aparelhos sugerida pelo fabricante. O mesmo poderia ser esperado em relação aos dados de UR. Porém isso não foi o que ocorreu exatamente, pois, apesar da grande maioria dos dados estar dentro da margem de erro dos sensores, dois aparelhos registraram uma discrepância de mais de um grau na primeira hora (22hs do dia 05/10).

Os aparelhos foram aferidos utilizando o *Data Logger* do posto 1 (P1) como referência, pois este é o aparelho com melhor bateria e possui os dados mais confiáveis numa série histórica de coletas. Subtraindo a temperatura registrada pelo P1 por cada temperatura registrada pelos outros aparelhos na mesma hora, se obtinha a diferença dos dados coletados entre os aparelhos. Esta diferença não deveria ultrapassar os 0,25ºC para mais ou para menos, mas ultrapassou nos P4 e P8 (1,13ºC e 1,4ºC, respectivamente), conforme se observa na Planilha 1. Neste caso, foi necessária a determinação dos desvios dos aparelhos.

Para determinação dos desvios, calculou-se primeiro a diferença das temperaturas registradas como descrito acima, subtraindo o valor do P1 pelo de cada um dos aparelhos. Depois foi construído um gráfico entre os dados de P1 e Px (no caso P2), onde uma nuvem linear de pontos relacionava os dados de um aparelho com o outro. A esta nuvem foi adicionada uma linha de tendência linear, e o ajuste da reta foi feito através da equação y=a+b.x (onde y=Ap2; x=Ap1; a=ponto onde a linha de tendência toca y; e b=tangente do ângulo formado pelo prolongamento da linha de tendência com o eixo x). Através desta função é possível encontrar o valor de R, que é o grau de acerto entre x e y. Para o gráfico de P1 x P2 o valor de R^2=0,9948 e a função ficou: y=0,9427x + 0,5879.

Determinado os desvios entre os aparelhos a partir dos dados do período de calibração, passou-se ao tratamento dos demais dados. Primeiramente foram excluídos os dados entre as 08:00 h e 16:00 h do dia 06/10, pois neste período os aparelhos estavam sendo colocados em seus respectivos postos, e as informações registradas referem-se ao caminho da trilha e não serão úteis para esta análise da bacia B. Para que fosse possível trabalhar com dias inteiros, foram excluídos também todos os demais dados do dia 06/10 e os dados do último dia 04/11 que também não continham todas as horas do dia. Assim, os dados que serão tabulados compreendem as 00:00 h do dia 07/10 às 23:59 h do dia 03/11.

Os dados de temperatura do P7 foram eliminados na íntegra, pois o aparelho apresentou problemas na bateria e não registrou todos os dados, e os dados registrados não eram confiáveis devido à oscilação da bateria, assim como os dados de umidade do ar de P8 e P9. Já os dados de temperatura em P9 foram eliminados a partir das 21 horas do dia 15/10, pelos mesmos motivos citados para P7.

Posteriormente, os dados válidos foram tratados de acordo com os enfoques específicos deste grupo, que se concentram na análise das temperaturas máximas obtidas na Bacia B e sua relação com o meio físico. Isto não significa que, quando pertinente, explicações sobre umidade relativa do ar e mesmo sobre temperaturas médias e mínimas não serão abordadas, aproximando a análise de uma compreensão mais total do fenômeno estudado.

Após transferidos dos aparelhos *Data Logger* para o software BoxCarPro, todos os dados foram abertos no Excel, e lá tabulados em diferentes planilhas e gráficos. Quando os dados

foram abertos no Excel as informações de dia, hora e temperatura de cada posto já foram dividas em diferentes colunas, facilitando o uso dos valores.

A primeira planilha de Temperatura do Ar Geral (T ar) engloba todas as horas de todos os dias válidos (das 00:00 h do dia 07/10 às 23:59 h do dia 03/11) de todos os postos válidos (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8 e P9). No final das 24 horas de cada dia foram inseridas três linhas para se calcular as temperaturas máximas, médias e mínimas de cada dia, em cada posto. Para encontrar todas essas informações foram utilizadas fórmulas do Excel. EX.: =maximo(C2:C25), fórmula utilizada para estabelecimento de temperatura máxima na coluna C entre as linhas 2 e 25.

Com a organização de uma planilha com os dados de temperatura do ar referente a todas as horas de cada dia, em todos os postos, foi possível criar um gráfico (Figura 2) T ar x Tempo (em horas) que permitiu a visualização da variação/amplitude das temperaturas em todos os postos no período.

Somente os valores de temperatura e umidade máximas, mínimas e médias, obtidos em cada dia, para cada posto, foram transferidos para outra planilha. Ao final do período trabalhado (07/10 a 3/11/2004), foram calculados os valores de temperatura e umidade máximas absolutas, máximas médias, mínimas absolutas, mínimas médias e médias para todos os postos válidos. Como na planilha anterior, foram utilizados para estes cálculos, os recursos do Microsoft Excel. Além destes valores, calculou-se a amplitude de temperatura do ar, subtraindo-se das máximas, as temperaturas mínimas.

Para efeito dos objetivos específicos deste trabalho, construiu-se, a partir dos dados disponíveis em outra planilha, um gráfico de linhas em que foram plotados os valores das temperaturas máximas do ar para todo o período em cada posto, facilitando a visualização do comportamento temporal das mesmas.

Após o período de tratamento dos dados em Excel, utilizou-se o programa ArcView GIS 3.2 para a espacialização e tratamento digital dos dados obtidos. Este programa é usado em geoprocessamento para a combinação de cartografia, inserção de tabelas e gráficos, análise espacial e produção final de resultados, tanto para avaliações quanto para a produção final de mapas diversos.

Em uma etapa seguinte, os dados coletados e já tratados foram transportados para o ArcView em um banco de dados do tipo tabela, que foi relacionado aos postos de coleta. A partir desse processo, foi possível construir mapas de isolinhas, através do método de interpolação de dados, que permitiram avaliar e analisar espacialmente os dados de temperatura e umidade do ar.

Para nosso objetivo específico, foram interpolados os dados de temperaturas máximas absolutas do ar. Deveriam ser interpolados também os dados referentes a temperaturas máximas médias, porém, por sucessivos problemas técnicos no software ArcView não foi possível efetuar este procedimento. Foi possível, então, comparar, através dessa ferramenta, os processos referentes às variações de temperatura como também localizar geograficamente como isso ocorria nos postos de coleta, e interpretar os fenômenos climáticos recorrentes na Bacia B.

Através das camadas criadas ou já existentes para o projeto, das tabelas com dados referentes aos postos e das projeções realizadas, foi possível criar *layouts* como resultado final, tanto para impressão e visualização em formato digital como para análise espacial dos fenômenos, que permitem estudos e tomada de decisões.

Depois dessa etapa, os *layouts* foram transformados para outras extensões de arquivos (.tif e .jpg), para ser incluídos ao longo do corpo do trabalho.

Na busca pela melhor visualização e entendimento dos dados coletados, outros formatos de gráficos foram criados. Os gráficos de superfície dos dias 31/10 e 01/11 facilitaram a

visualização das amplitudes térmicas desses dias. Além deste gráfico de superfície, outros gráficos de linha foram utilizados para análises mais detalhadas das temperaturas da madrugadas “atípicas” dos dias 09 a 11/10 e 22 a 28/10, conforme será explicado adiante.

RESULTADOS

Análises Gerais de Temperatura do ar máximas

A partir dos dados coletados em campo e tabulados em planilhas e gráficos inicio-se a análise das informações para levantamento de hipóteses do comportamento climático da bacia no período. Considerando-se que não foi possível um acompanhamento in loco e registro de todos os acontecimentos da bacia B no período em questão, os resultados obtidos resumem-se a possibilidades levantadas pelos integrantes do grupo a partir de seus conhecimentos em climatologia e de informações fornecidas pelo professor no decorrer do curso.

É importante salientar que as análises feitas buscaram principalmente explicações sobre eventos relacionados com as temperaturas máximas da bacia B, pois este foi o tema delegado ao grupo. Contudo, inevitavelmente, o levantamento de hipóteses que procuram explicar os fenômenos climáticos de temperaturas máximas passa pela observação de outros dados, tais como temperaturas médias, mínimas, amplitude térmica e umidade relativa.

Analisando Figura 2, de todas as temperaturas de todos os postos no período de coleta de dados (07/10 a 03/11/04), algumas observações podem ser feitas a respeito do comportamento das linhas. Duas principais observações das linhas do gráfico permitem algumas conclusões: a primeira observação é vertical e permite em cada momento individual do período comparar os diferentes postos entre si; a Segunda é horizontal e permite analisar de forma mais abrangente o comportamento climático da bacia B no período.

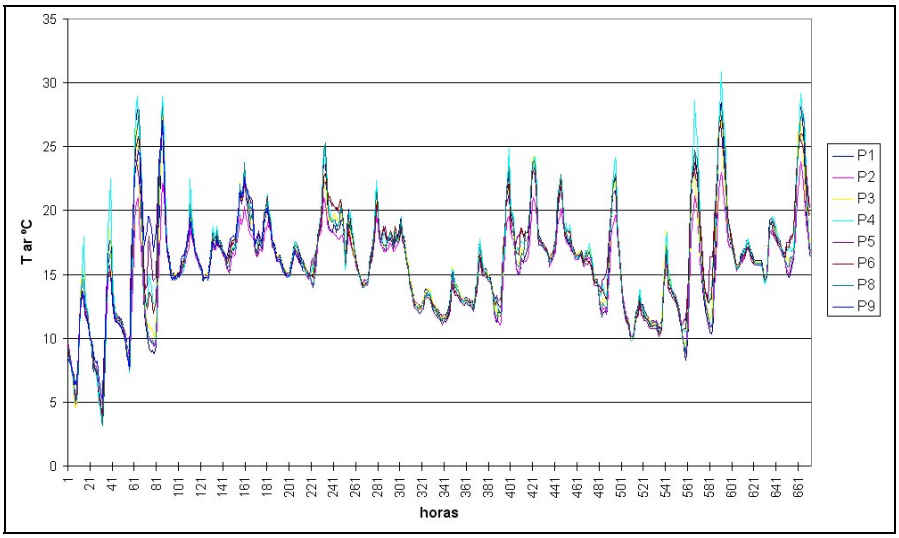

Figura 2 - Temperaturas do ar para o período de 07 de Outubro a 03 de Novembro de 2004

A comparação vertical dos postos entre si demonstra que os postos localizados no fundo de vale, principalmente o posto 2, possuem temperaturas mais baixas, enquanto que os postos de meia vertente e topos possuem as temperaturas mais altas. Com relação às temperaturas mais altas da bacia merece destaque o posto 4, que no gráfico acima é nitidamente o posto com as maiores temperaturas, sua linha encontrando-se predominantemente acima das linhas dos demais postos, certamente devido a características do meio físico, como a abertura de seu dossel (menos denso).

Apesar da média total das temperaturas do posto 1 ser a segunda mais baixa (15,86 ºC, só perdendo para o posto 2 com uma média de 15,25 ºC), este posto possui temperaturas relativamente altas para um ponto de fundo de vale, comparativamente com os postos 2 e 3. Possivelmente outros fatores influenciem as trocas de energia neste posto, além da umidade e altitude, possivelmente um dossel mais baixo (ARMANI, 2004), que permite maior entrada e saída de radiação solar. Outras comparações serão possíveis na análise de temperaturas máximas dos postos.

Na análise horizontal pôde-se levantar algumas hipóteses com relação ao comportamento do clima da bacia no período de coleta de dados. Para levantamento dessas hipóteses foram utilizados outros dados como apoio, como a umidade relativa (UR).

Observando o comportamento das linhas de temperatura dos postos de coleta de dados percebe-se que existem maiores amplitudes no início do período (nos dias 09 e 10 de outubro) e no fim do período (nos dias 30 e 31 de outubro), esta maior amplitude pode ser resultado de maior entrada de energia na bacia, ou seja, um dia com céu aberto onde a radiação direta dos raios solares incide sobre a bacia. A amplitude média nesses dias é de 13ºC a 18,5ºC, dependendo do posto.

Nos dias intermediários (entre 11/10 a 29/10) a amplitude média vai de 4,5 ºC a 6,5 ºC, dificilmente ultrapassando 10 ºC em números absolutos de qualquer posto em um dia, conforme pode ser observado nos dados da planilha 1 em anexo. Esta baixa amplitude do período de 11 a 29 de outubro, somada às informações de umidade relativa, levou a hipótese de um período de céu predominantemente encoberto, pois com a presença de nuvens na maior parte do dia a entrada de energia na bacia (radiação direta) é menor.

Conforme pode-se perceber na Figura 3 de umidades relativas mínimas totais, o período de 11/10 a 29/11 possui mínimas próximas ou iguais a 100%. Isto pode significar que são dias encobertos ou até de chuva. Principalmente quando pontos quentes como P4 apresentam mínimas de 100%.

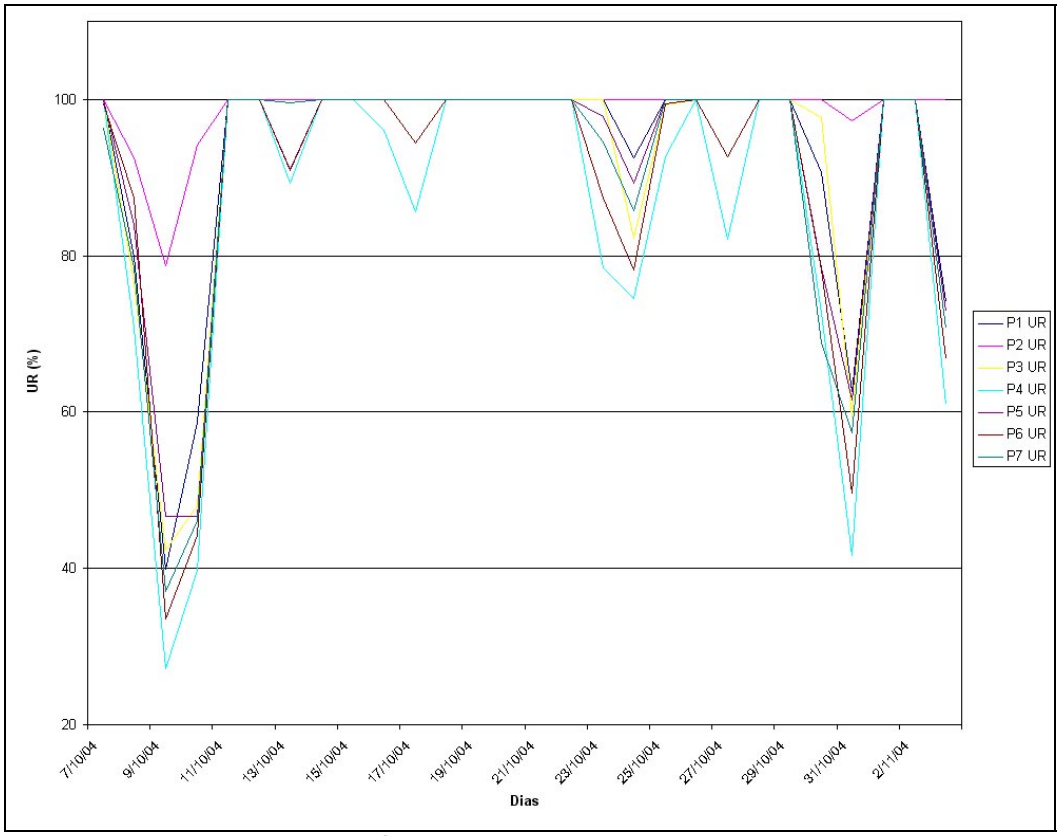

Figura 3 - Umidades Relativas Mínimas dos dias 07 de Outubro a 03 de Novembro de2004

Análise do comportamento das Temperaturas Máximas do Ar na Bacia B, para o período de 07/10 a 03/11/2004

Ao se observar os dados da Figura (abaixo) , pode-se dizer que houveram dois dias em que as temperaturas máximas do ar, em todos os postos, foram mais elevadas, a partir de curvas ascendentes: 10/10 e 31/10.

No dia 31/10, na maioria dos postos foram registradas as temperaturas máximas absolutas para o período. Exceção feita aos postos P2, P3 e P5, que atingiram tais temperaturas em 3/11, 10/10 e 10/10, respectivamente.

Já o P9, tal como P3 e P5, registrou sua máxima absoluta em 10/10. Porém esta data poderia não corresponder à realidade se estivessem disponíveis seus dados de temperatura para todo o período. Conforme mencionado anteriormente, este posto fez seu último registro válido às 20h do dia 15/10, prejudicando qualquer análise de temperatura. Por outro lado, tendo em vista as elevadas temperaturas atingidas por todos os postos em 10/10, o valor da temperatura máxima absoluta do ar registrada em P9, caso não esteja plenamente correto, ao menos pode estar bem próximo da realidade. Assim, este valor será considerado como verdadeiro para efeito da análise das temperaturas máximas do ar.

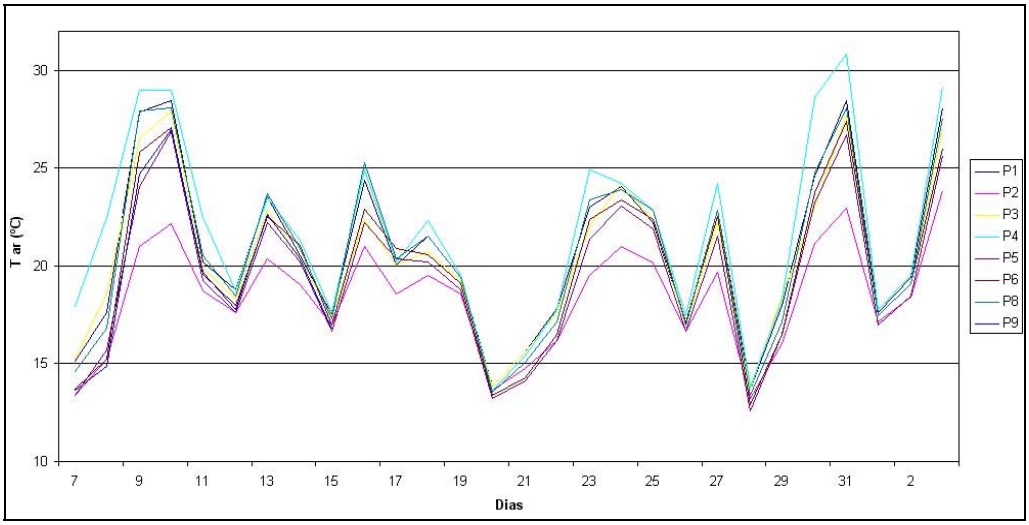

Figura 4 - T ar (ºC) máximas dos dias 07 de outubro a 03 de novembro de 2004

O posto com temperatura máxima absoluta do ar mais elevada foi o P4 (30,84ºC), seguido pelo P1 (28,44ºC), P8 (28,11ºC), P3 (27,91ºC) e P6 (27,42ºC). Já P5 e P9, obtiveram valores intermediários, 26.89ºC e 26.98ºC, respectivamente, enquanto que P2 obteve a menor temperatura máxima absoluta do período, 23,83ºC. Esta colocação entre os postos é muito semelhante em relação às temperaturas máximas médias e às amplitudes absolutas na temperatura do ar.

O posto 2 ainda foi o posto que registrou, em média, as temperaturas máximas do ar mais baixas em todo o período, com exceção de alguns dias em que outros postos tiveram máximas menores ou tão baixas quanto: em 08/10, o P9; em 15/10, P9; em 20/10, P4, P5, P6 e P8; em 21/10, P5 e P6, em 28/10, P5 e P6 e; em 01 e 02/11, P5. Estas exceções ocorrem em dias em que as temperaturas máximas registradas são muito próximas entre os postos. P2 também possui a menor amplitude absoluta de temperatura do ar em relação aos outros postos.

A partir do mapa de isolinhas de temperaturas máximas absolutas do ar na Bacia B (Figura 5) observa-se que, espacialmente, há um forte aumento das temperaturas máximas mais elevadas em direção ao P4, a SE da bacia, e um aumento, porém mais suave, em direção a P1 e P8, localizados a Norte. Já em direção ao P2, no centro da bacia, há uma acentuada redução da temperatura.

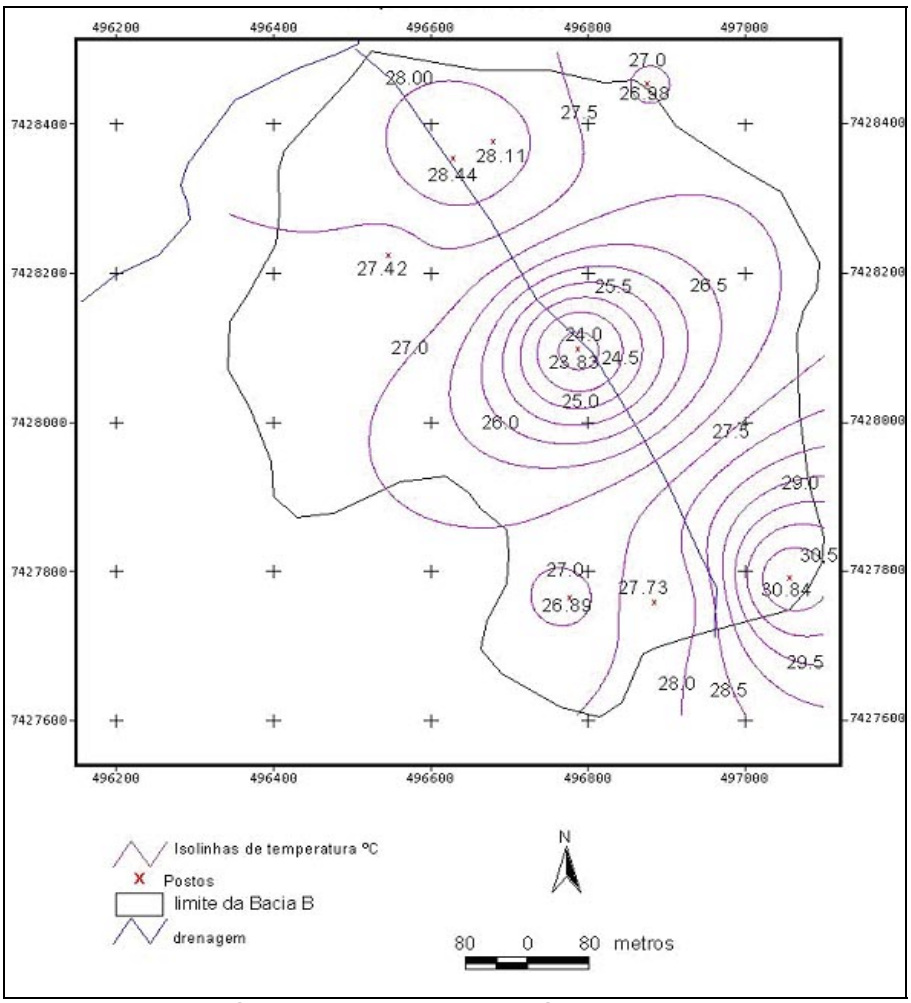

Figura 5 – Isolinhas de influência das temperaturas máximas absolutas nos postos da Bacia B

Apesar de não possuirmos informações do meio físico de toda a área da bacia, nem uma sobreposição de curvas de nível com o mapa gerado, se concluiu que os pontos mais altos e secos obtiveram maiores temperaturas máximas, enquanto que o fundo de vale, mais úmido e mais baixos possuem temperaturas máximas menores. Com exceção feita ao posto 1 que, talvez devido ao dossel mais baixo, possui máximas mais elevadas do que os demais postos de fundo de vale.

O posto 1, que obteve o segundo maior valor de temperaturas máximas absolutas e médias, e o terceiro maior de amplitude de temperatura, denota um comportamento atípico considerando-se a sua posição no terreno e sua proximidade com o curso d´água. Sua localização em fundo de vale acarretaria em mais baixas temperaturas, enquanto que as amplitudes na temperatura seriam amenizadas pela, teoricamente, elevada umidade relativa do ar, conferida pela proximidade com o canal. Embora, conforme observado nas planilhas de originais, este posto tenha registrado um valor para umidade relativa média apenas mais baixo do que o registrado pelo posto 2, o valor de umidade mínima absoluta é mais alto apenas do que os valores de P4 e P6. Assim, suas altas temperaturas máximas podem ser explicadas pelo baixo dossel, a aproximadamente 7m de altura, fato que também explica a baixa umidade relativa mínima absoluta e grande amplitude na temperatura.

Os baixos valores de temperaturas máximas absolutas e médias em P2 podem ser atribuídas a sua posição no terreno, tendo em vista que se localiza em fundo de vale, propiciando o acúmulo de ar frio, bem como à cobertura do dossel de 90%, dificultando a incidência direta de radiação solar sobre o solo. Estes dois fatores se superpõe à declividade nula do terreno, que ofereceria uma área maior de absorção da radiação solar. A baixa amplitude absoluta da temperatura do ar que aí se observa se deve à situação de encharcamento do solo, fazendo com que a umidade relativa neste ponto seja bastante alta,

e que, por conseguinte, haja um baixo contraste entre as temperaturas mais altas e mais baixas devido à ação do vapor d´água na manutenção da temperatura do ar. Ao se observar a planilha de dados, nota-se que em somente 4 vezes a umidade relativa mínima neste posto esteve abaixo de 100%.

O posto 3 registrou o 4º maior valor para temperatura máxima absoluta e amplitude de temperatura e o 5º maior valor para temperatura máxima média, embora se localize no fundo do vale. Este fato explica-se pela declividade nula e pela menor cobertura do dossel (86%) neste ponto, uma das menores em comparação com os demais postos, sendo apenas maior do que no P4. O dossel também não é muito elevado, pois as árvores possuem em média 10m de altura, favorecendo também as elevadas temperaturas. Por tratar-se de uma clareira ventilada, a umidade relativa do ar neste ponto é baixa em comparação com os demais pontos de fundo de vale.

Enquanto que as baixas temperaturas em P4 seriam favorecidas pela alta declividade (32%) - diminuindo a área de absorção de radiação solar - e pela elevada altitude - 1100m, apenas mais baixo que P7 e P9 - , a mais baixa taxa de obstrução à entrada desta energia pelo dossel (70%) em comparação a todos os outros postos, fez com que este posto registrasse os maiores valores de temperaturas máximas do ar, absolutas e médias. Esta abertura do dossel, favorecendo a penetração de ventos, bem como a localização de P4 próxima ao topo do interflúvio da bacia, fez com que neste posto fossem registradas também as menores taxas de umidade relativa do ar, sejam as mínimas absolutas ou médias, favorecendo a grande amplitude nas temperaturas.

Em 5 dias, o P5 registrou temperaturas máximas tão baixas ou iguais a P2, tendo inclusive suas máximas absoluta e média apenas mais alta do que este último. Explicações a estes fatos são encontradas ao se considerar alguns aspectos do meio físico neste local. Ocorre em P5 uma das mais altas declividades (23º) e uma das maiores altitudes (1110m), comparando-se com os demais postos. Também há uma obstrução à passagem de radiação solar pelo dossel da ordem de 89%. Observa-se em P5 uma das mais baixas amplitudes de temperatura do ar. Sua umidade relativa mínima absoluta só não é maior do que em P2, enquanto que a média só é menor que em P1, P2 e P3, postos localizados em fundo de vale.

O posto 6 possui valores medianos em relação aos demais postos, para temperaturas máximas absolutas e médias. A cobertura do dossel de 95% é contrabalanceada pelo baixo porte das árvores, no que diz respeito à energia proveniente da radiação solar que chega ao solo. Possui altitude e declividade medianas em relação aos demais postos. Porém sua amplitude térmica é a 4ª maior, o que pode se explicar pela umidade relativa média do ar ser uma das mais baixas entre os postos, sendo maior apenas que em P4.

O posto 8 registrou as 3ªs maiores temperaturas máximas absoluta e média, e a 2ª maior amplitude térmica. Embora o dossel neste ponto ofereça uma obstrução de 92% e haja uma declividade de 23%, o entorno aberto e o baixo porte das árvores favorecem o aquecimento da superfície. Neste ponto também ocorre a 3ª mais baixa temperatura mínima média, sendo apenas maior que P1 e P2, pontos de fundo de vale. Esta queda na temperatura durante a noite talvez se explique pela abertura do entorno, que também favorece a perda de calor e umidade, explicando a elevada amplitude térmica.

Tal como P6, o P9 assumiu uma posição mediana em relação a seus valores de temperaturas máximas absoluta e média e de amplitude térmica. Embora seu relevo plano possibilite uma maior absorção de radiação solar, a elevada altitude e o dossel a 10-15m de altura reduzem as temperaturas máximas e mínimas. O valor médio desta última (12,25ºC), considerando-se o período válido para este posto, foi o menor de todos os postos.

Análises Pontuais de Temperatura do ar para o período em questão

Algumas análises dos dados foram feitas em momentos específicos do período, focando fenômenos que mereceram uma atenção mais detalhada. Além da descrição geral das

temperaturas e pontos, existiram alguns dias que mostram, pelos dados coletados, uma mudança brusca no clima da bacia; e outros que demonstraram fenômenos atípicos. Tentaremos justificar esses dados com uma possível explicação do que pode ter ocorrido.

Ao analisarmos o dia 31/10 e 01/11 percebemos que passamos de um dia muito quente no dia 31 e, portanto, com elevada amplitude térmica (até 18ºC de amplitude), para um dia mais frio (com temperaturas máximas inferiores a 18ºC) e com amplitude térmica muito menor (menos de 3ºC de amplitude).

Podemos concluir que o dia 31/10 foi um dia com céu aberto, onde a maior entrada de energia causou maior amplitude térmica. Esta conclusão é corroborada quando verificamos que as umidades relativas chegam a 41% no posto 4 e 62% no posto 1, o que significa que houve energia para retirar umidade o ar. Já no dia seguinte, 01/11, as umidades relativas não baixaram de 100%, todas, inclusive o posto 4, ficaram com umidade máxima o dia inteiro, o que nos levou a concluir que tratou-se de um dia encoberto e até chuvoso. Seguem abaixo as Figuras 6 e 7, onde as superfície das amplitudes térmicas dos dias em questão estão representadas.

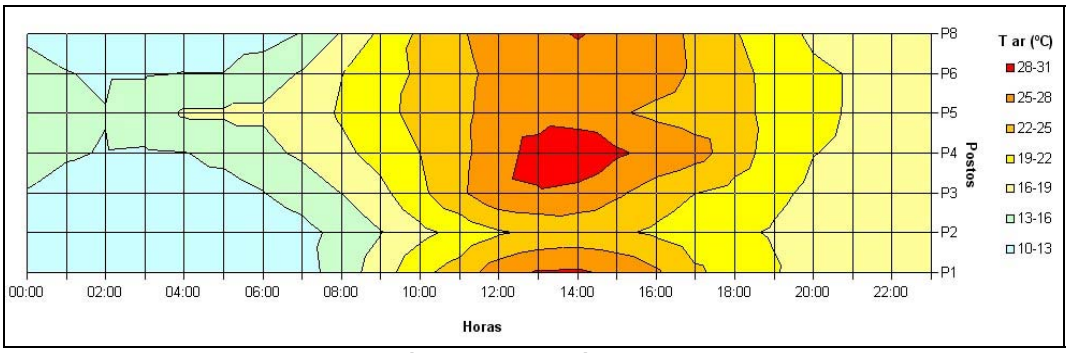

Figura 6 - Gráfico de Superfície do dia 31/10/04

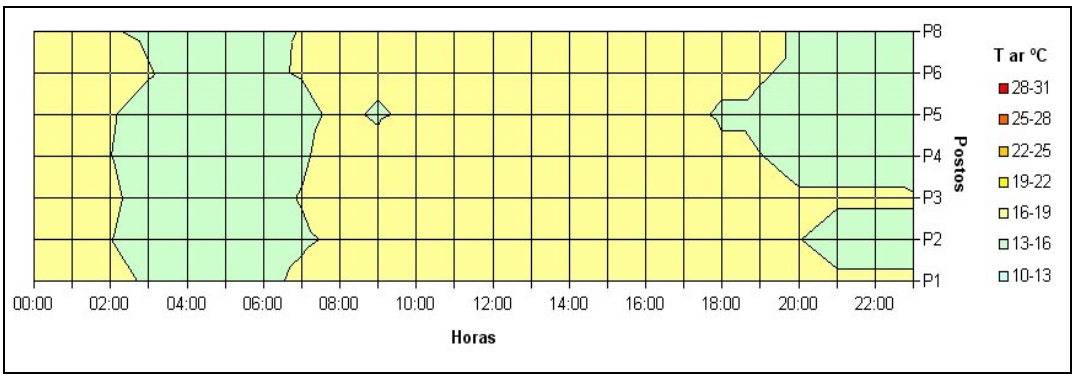

Figura 7 - Gráfico de Superfície do dia 01/11/04

Na outra análise pontual importante que foi selecionada para estudos estão algumas madrugadas que mostraram aquecimento em um período do dia em que só deveria haver esfriamento ou estagnação das temperaturas.

As madrugadas em questão são os intervalos de análise dos dia 09 para 10 de outubro (Figura 8), 23 para 24 e 26 para 27 de Outubro (Figura 9), com destaque para a primeira. Fizemos questão de inserir os valores de temperaturas das madrugadas dos dias anteriores e posteriores, para que fosse possível identificar a diferença no comportamento das temperaturas das madrugadas escolhidas.

As madrugadas – período das 21hs as 4hs – dos dias anteriores e posteriores têm um comportamento normal, esfriando ou estagnando a temperatura dos postos, pois neste horário, teoricamente não há entrada de energia, portanto o ar não esquenta.

Já nas madrugadas que esquentaram, percebemos que a temperatura chega a aquecer até 4ºC entre as 22hs e 1h do dia 09 para o dia 10 no posto 5, o que é um aumento significativo. Na busca por uma explicação para este fenômeno, com o auxílio do professor, levantou-se a hipótese de se tratar de uma combinação de dois fatores: primeiramente uma noite em que a bacia estaria encoberta por neblina, o que dificulta o esfriamento do ar, pois cria-se um "teto" na bacia, ou barreira, sendo que este teto ainda emite algumas ondas longas da neblina; o outro fator é o esfriamento do fundo de vale que emite ondas longas para as maiores altitude, pois o ar quente sobe.

Somando estes dois fatores temos que, existem ondas longas sendo emitidas do topo da bacia (esfriamento da neblina) para baixo e do fundo de vale (esfriamento dos postos 1, 2 e 3) para cima, então, os postos de meia vertente poderiam estar se aquecendo com as ondas longas do esfriamento de outras partes da bacia. E são exatamente os postos de meia vertente que sofreram algum tipo de aquecimento, ou seja, postos 4, 5 e 6, além do 9 que está no interflúvio e pode ter sofrido o mesmo processo dependendo da formação da neblina. Estas foram as explicações que conseguimos dar para este estranho fenômeno de aquecimento noturno.

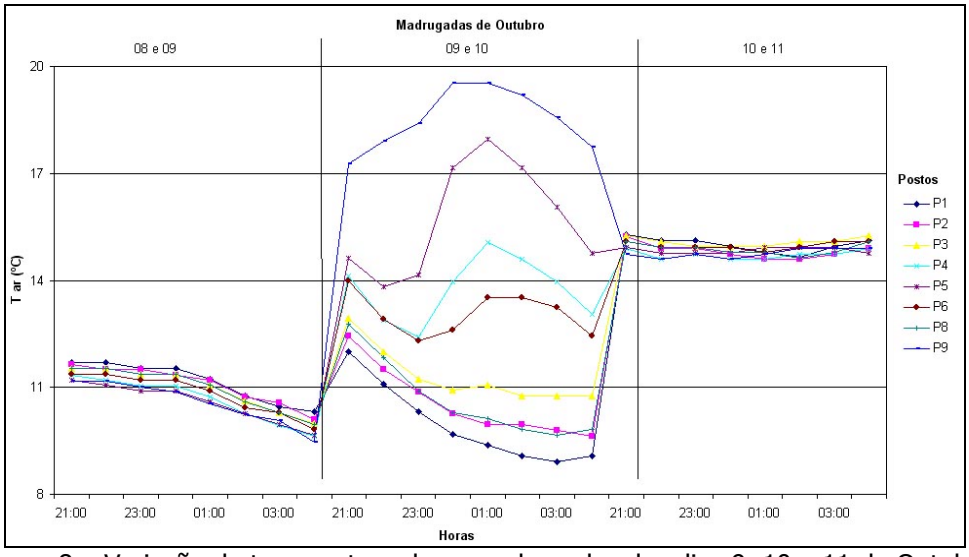

Figura 8 – Variação da temperatura do ar madrugadas dos dias 9, 10 e 11 de Outubro

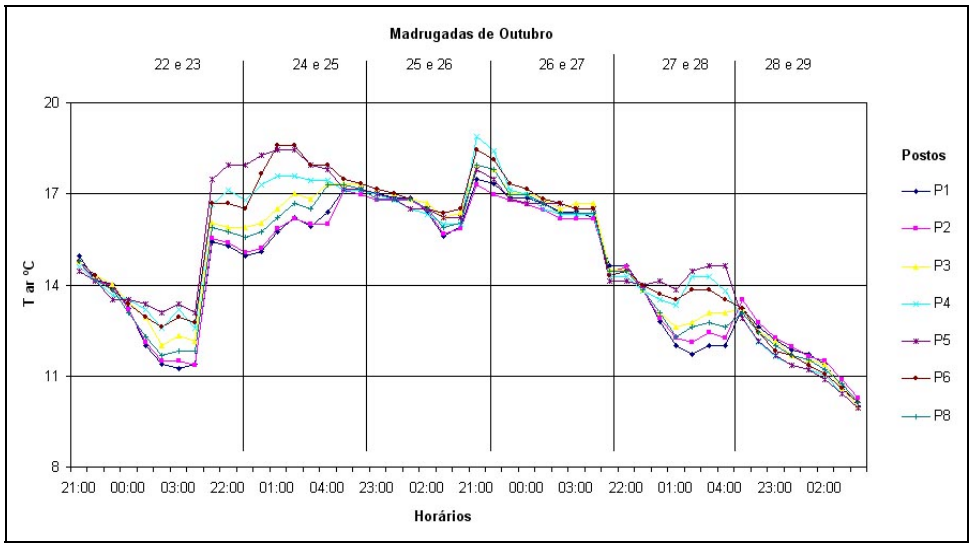

Figura 9 – Variação da temperatura do ar para as madrugadas dos dias 22 a 28 de Outubro

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento das características locais do meio físico foi de fundamental importância para a análise do comportamento das temperaturas máximas do ar na Bacia B, por isso foi muito importante a ida a campo, para que, no processo de instalação dos postos de coleta de dados, pudesse ser efetuado um reconhecimento empírico da área de estudo, com anotações de campo e fotografia, além de outros dados (altitude, UTM, declividade, etc). Para complementar a descrição dos postos a dissertação de mestrado de ARMANI contribui com informações valiosas.

Notou-se que para a maioria dos postos, a abertura e altura do dossel, condicionados pelas diferenças nos estágios sucessionais da cobertura vegetal da Bacia B, foram os fatores que mais resultaram em mudanças nos valores de temperaturas máximas absolutas e médias, fenômeno ratificado pela escala microclimática de análise. O que demonstra que o grau de entrada e saída de energia da bacia determina as condições climáticas, ou seja, se um ponto possui um dossel mais aberto ganhará e perderá mais energia do que outro com o dossel fechado. Isso para dias com grandes amplitudes térmicas, ou seja, céu limpo. A umidade relativa do ponto também influencia a amplitude térmica.

O fator altitude fora tratado na maioria dos casos de maneira secundária. Isto porque a amplitude altimétrica entre os postos, da ordem de 110m, é relativamente baixa, não conferindo grandes diferenciações às temperaturas do ar, senão aliadas a outros fatores.

Percebeu-se que quando o dia é de céu aberto, existe mais energia entrando e saindo do sistema. Nesses dias a amplitude térmica é maior e as características físicas dos postos, como vegetação, umidade relativa, declividade influenciam mais decisivamente as condições climáticas.

Já em dias nublados ou de chuva, a amplitude térmica é menor, e as características físicas dos postos são menos determinantes, pois todos os postos apresentam comportamentos equivalentes.

Todas essas relações foram possíveis pois teve-se a oportunidade de aprender como analisar, sob o ponto de vista climatológico, a bacia B através dos dados coletados somados ao trabalho de campo, ou seja, o estágio em clima disponibilizou mais ferramentas para análise do fenômeno climático em sua inter-relação com os outros aspectos do meio físico de uma unidade espacial, compondo um todo indissociável para a compreensão do ecossistema local.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz N. **Os Domínios de Natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas**.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

ARMANI, Gustavo. **Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre**: variância da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) – SP. Dissertação de Mestrado, 2004